

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОКРАСОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНОК ЖАРОВОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД

Анисимов В.М., Колумзаров О.В., Анисимов М.Ю., Григорьев Е.М.  
Самарский университет, г. Самара, [gradik@mail.ru](mailto:gradik@mail.ru)

*Ключевые слова: камера сгорания, тепловое состояние, моделирование, термокраска*

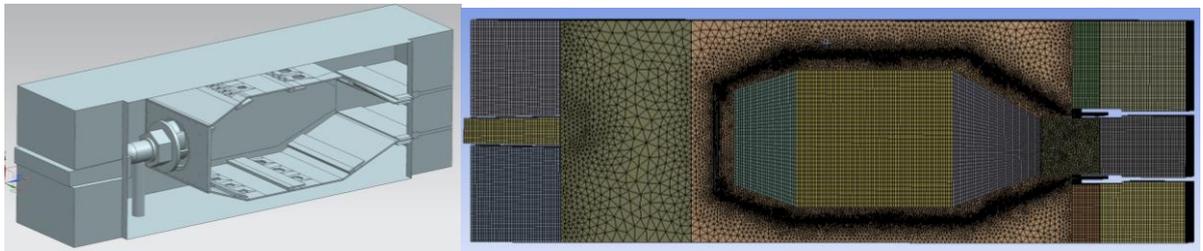
Измерение температуры – один из самых важных и в то же время сложных и трудоёмких видов измерения. По температуре рабочего тела в различных сечениях газоздушного тракта определяют термодинамическую эффективность узлов и двигателя в целом. Камера сгорания является одним из самых теплонагруженных узлов двигателя. Одной из основных характеристик, определяющих работоспособность камеры сгорания, является тепловое состояние стенок жаровой трубы (ЖТ).

Существует множество способов [1,2] по определению температуры поверхности тел, однако, в данной работе определение температуры стенок жаровой трубы проводилось с помощью нанесения на элементы ЖТ специальных химических веществ, а именно, термокрасок [3]. Термокраски – сложные вещества, которые при достижении определённой температуры резко меняют свой цвет.

Термокраска ТК-20 многопереходная предназначена для измерения температурных полей поверхности и обладает характеристиками, представленными в [3,4].

Исследование по термометрированию стенок жаровой трубы проводилось в соответствии с программой и методикой проведения экспериментов на трёх режимах:  $\alpha_{кс}=3$ ;  $\alpha_{кс}=4$ ;  $\alpha_{кс}=5$  при постоянной температуре ТВС на входе в камеру сгорания  $T_k=523K$ .

Расчётное определение теплового состояния стенок ЖТ происходило с помощью методов вычислительной газовой динамики (CFD) в программном комплексе ANSYS Fluent. Была построена сопряжённая геометрическая модель камера сгорания (рис. 1, а) и гибридная конечно-элементная модель (рис. 1, б). Были выбраны расчётные модели и заданы граничные условия.



а

б

Рис. 1 – Объемная модель камеры сгорания

Расчёт проводился в постановке RANS для трёх различных  $\alpha = 3, 4, 5$ . Численные значения задаваемых параметров для трёх режимов представлены в таблице 1.

Табл. 1 – Параметры задания граничных условий.

Режим по $\alpha$	$G_T$ , кг/с	$T_T$ , К	$\varphi$	$V_m$ , м/с
3	0,000846	300	30,5°	11,3
4	0,000635		25°	8,5
5	0,000508		24°	6,8

На рисунке 2 представлено сравнение полей распределения температуры на внешней поверхности нижней и верхней стенках ЖТ, полученных расчётным и экспериментальным методом при различных значениях коэффициента избытка воздуха.

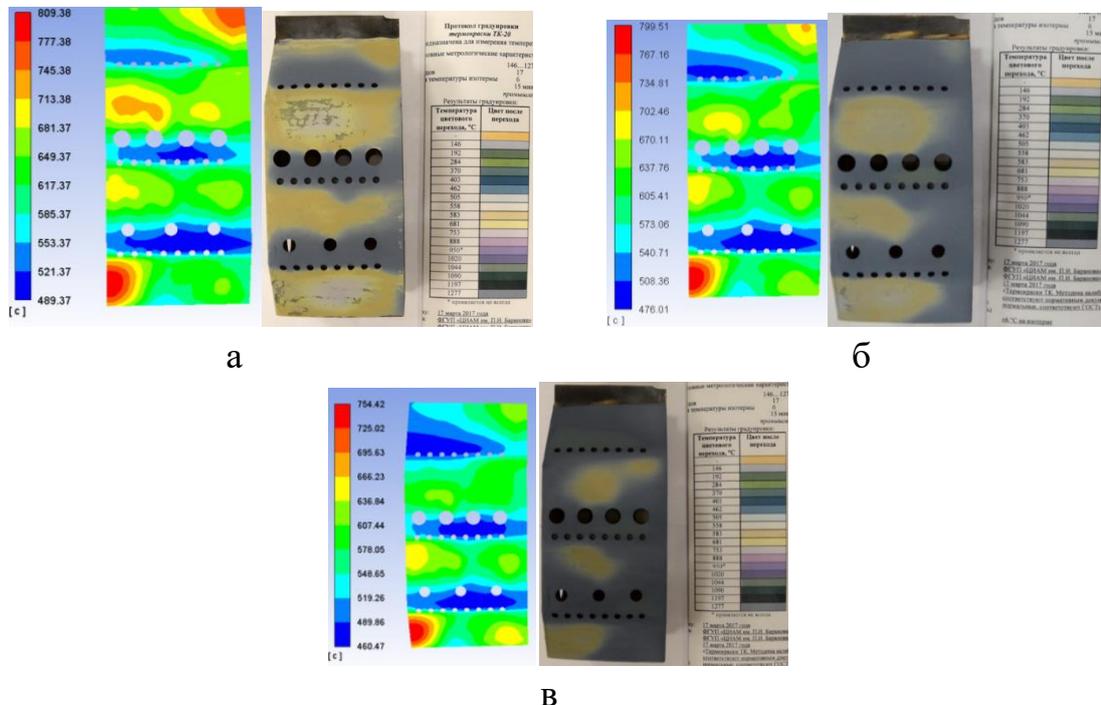


Рис. 2 – Поля распределения температуры на внешней поверхности верхней стенке ЖТ, полученные расчётным и экспериментальным методом при  $\alpha = 3$  (а),  $\alpha = 4$  (б),  $\alpha = 5$  (в)

По полученным результатам можно сделать вывод, что наблюдается качественное схождение температурных полей стенок, полученных расчетным и экспериментальным методом. Однако количественно несовпадение в некоторых локальных зонах объясняется отсутствием моделирования внешней конвекции, неточное задание распыла топлива, а также отсутствие данных по значению коэффициента поглощения внешней поверхности стенок.

### Список литературы

1. Безюков, О.К. Средства для контроля теплового состояния деталей остова судовых дизелей [Текст] / О.К. Безюков, А.А. Кордаков. – СПб.: Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2009. – Вып. 2. – С. 83-90.
2. Григорьев, В.А. Испытания авиационных двигателей [Текст] / В.А. Григорьев, С.П. Кузнецов, А.С. Гишваров, А.Н. Белоусов, С.К. Бочкарев, С.А. Ильинский, В.Т. Шепель. – М.: машиностроение, 2009. – 504 с.
3. Мирная, М. Р. Современные методы измерения физических величин, автоматизация определения температурного поля поверхности элементов газотурбинных двигателей, полученного с помощью термокрасок [Текст] / М.Р. Мирная, К.А. Иванов, А.А. Кобцева, А.С. Сорожкин. – М.: Автоматизация в промышленности, 2016. – №4. – С. 11 – 20.
4. Мирная, М. Р. Разработка и практическое применение термоиндикаторных красок в реальном эксперименте [Текст] / М.Р. Мирная, К.А. Иванов. – М.: Мир измерений. Ракетно-космическая и авиационная промышленность, 2011. – № 12. – С. 26-30